



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 39 108 A 1

51 Int. Cl. 7:  
G 01 L 5/20  
G 01 L 5/18  
B 60 K 28/10  
B 60 T 8/00  
B 62 D 37/00

21 Aktenzeichen: 100 39 108.7  
22 Anmeldetag: 7. 8. 2000  
43 Offenlegungstag: 19. 7. 2001

DE 100 39 108 A 1

66 Innere Priorität:  
199 37 856. 8 13. 08. 1999

71 Anmelder:  
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,  
DE

72 Erfinder:  
Latarnik, Michael Dr., 61381 Friedrichsdorf, DE; Roll,  
Georg Dr., 63150 Heusenstamm, DE; Lüders, Ulrich,  
31303 Burgdorf, DE; Oehler, Rainer, 64295  
Darmstadt, DE; Raste, Thomas, 61440 Oberursel,  
DE; Izsak, Karl Dr., 68239 Mannheim, DE

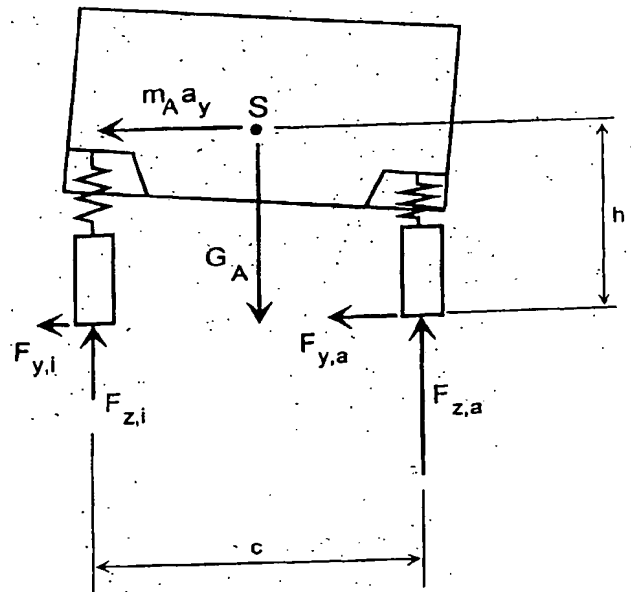
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 199 04 219 A1  
DE 198 59 966 A1  
DE 198 56 303 A1  
DE 198 27 881 A1  
DE 198 02 041 A1  
DE 197 51 935 A1  
DE 197 51 925 A1  
DE 197 51 867 A1  
DE 197 44 725 A1  
DE 44 16 991 A1  
DE 19 75 891 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen von Fahrzeugzustandsgrößen

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen von Fahrzeugzustandsgrößen, bei dem wenigstens eine, für die Fahrzeugkipptendenz um die Fahrzeuglängsachse indikative Größe gemessen und zum Ermitteln von Steuer- oder Regelgrößen eines Kraftfahrzeug-Regelungssystems ausgewertet wird. Um eine möglichst schnelle Reaktion auf eine Fahrzeugkipppgefahr mittels eines regelnden Eingriffs zu schaffen, wird auf Basis der Meßgröße, die mit Hilfe von Reifen- oder Radkraftsensoren ermittelt wurde und die die Reifen- oder Radseitenkräfte und/oder die Reifen- oder Radaufstandskräfte wiedergibt, mindestens eine für die Fahrzeugkipptendenz indikative Kenngröße(n) durch laufendes Erfassen dieser Meßgröße an mindestens einem kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrad ermittelt wird und die ermittelten direkten Reifen- oder Radkräfte selbst oder daraus abgeleitete, und/oder unter Einbeziehung von Korrekturgrößen oder -werten gebildete Signale, wie gefilterte Größen, als Steuer- oder Regelgrößen verwendet werden (Fig. 1).



DE 100 39 108 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen von Fahrzeugzustandsgrößen, bei dem wenigstens eine, für die Fahrzeugkipptendenz um die Fahrzeuglängsachse indikative Größe gemessen und zum Ermitteln von Steuer- oder Regelgrößen eines Kraftfahrzeug-Regelungssystems ausgewertet wird nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 11.

Fahrzeuge mit hoher Schwerpunktlage und weicher Federung neigen bei extremen Lenkmanövern zum Kippen um die Längsachse.

Es sind Systeme bekannt, die den Vorgang des nahenden Kippens zu erkennen versuchen, indem die gemessene Querschleunigung des Fahrzeugs mit einem Schwellwert von beispielsweise 0.5 g verglichen wird (DE 196 32 943 C1). In solchen Fällen erfolgt üblicherweise ein aktives Einbremsen oder eine Drosselung der Motorleistung, um die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit zu beschränken und damit indirekt die Querschleunigung zu verringern. Es kann auch ein Einbremsen allein der kurvenäußeren Räder durchgeführt werden. Als weiteres Signal für eine Kippgefahr wird standardmäßig das gemessene Signal eines Lenkwinkelsensors zum Beispiel in Verbindung mit einem den Wankwinkel repräsentierenden Signal herangezogen, um heftige Lenkreaktionen des Fahrers ebenfalls zu beurteilen (EP 0 758 601 A2).

Diese bekannten Systeme haben den Nachteil, daß die Beschränkung der Dynamik immer von festen Schwellen beispielsweise der Querschleunigung abhängt, ohne daß dabei der jeweilige Beladungszustand, also die tatsächliche Schwerpunkthöhe und die Beladungsverteilung, der Zustand der Federung und der Straße etc. berücksichtigt werden. Das hat zur Folge, daß ein Fahrzeug mit tiefer Schwerpunktlage und günstiger Gewichtsverteilung oftmals zu stark in seiner Fahrdynamik eingeschränkt werden kann. Andererseits kann ein sehr ungünstig beladenes oder überladenes Fahrzeug mit gealterter Federung trotz der Erkennungseinrichtung kippen, wenn die eingestellten Schwellen für die Situation zu hoch liegen.

Man hat zwar schon versucht ein von der Veränderung des Massenschwerpunktes abhängige, die Kippgefahr repräsentierende Zustandsgröße zu ermitteln, wobei diese Zustandsgröße die am Fahrzeugschwerpunkt angreifende Querschleunigung und/oder der Nickwinkel und/oder die Fahrzeuggeschwindigkeit und/oder der Lenkwinkel und/oder die Gier rate zugrunde gelegt werden (WO 00/03900). Die Korrelation der Veränderung des Massenschwerpunktes mit der jeweiligen Zustandsgröße erfordert jedoch einen bei der Erfassung und Auswertung der für die Fahrzeugkipptendenz indikativen Signale großen Aufwand, der zu einer Verzögerung bei der Bildung der Steuer- oder Regelgröße führt, wobei die drohende Kippgefahr erst nach der Korrelation der Signale erkannt wird.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, welche eine möglichst schnelle Reaktion auf eine Fahrzeugkipppgefahr mittels eines regelnden Eingriffs erlaubt.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 11 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Da aus Meßgrößen, die mit Hilfe von Reifen- oder Radkraftsensoren ermittelt wurden und die die Reifen- oder Radseitenkräfte und/oder die Reifen- oder Radaufstandskräfte wiedergeben, mindestens eine für die Fahrzeugkipptendenz indikative Kenngröße(n) durch laufendes Erfassen dieser Meßgrößen an mindestens einem kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrad ermittelt wird und die ermittelten direkten Reifen- oder Radkräfte selbst oder daraus abgeleitete Größen, wie gefilterte Größen, und/oder unter Einbeziehung von Korrekturgrößen oder -werten gebildete Signale als Steuer- oder Regelgrößen verwendet werden, ist eine schnelle Reaktion auf eine Kippgefahr möglich, weil anhand der Reifen- oder Radkraftsensoren in einfacher Weise Kräfte in Längs- und Quer- oder Vertikalrichtung errechnet werden können. Eine Errechnung dieser Kräfte erfordert also nur eine geringe Zeit. Daher empfiehlt es sich, genau diese Kräfte auch als Kenngröße für eine Fahrzeugkipptendenz heranzuziehen, um auf dem direktesten Weg einen Regeleingriff, insbesondere einen Bremseneingriff an dem kurvenäußeren Vorderrad bzw. den kurvenäußeren Vorderrädern, vornehmen zu können. Darüber hinaus erlauben diese Kräfte auch eine Vorhersage einer Kippgefahr eines Fahrzeugs, da dieser Vorgang sich vorher dadurch ankündigt, daß die kurveninneren Räder des Fahrzeugs ausgehoben werden, also ihre Aufstandskräfte verlieren. Je nach Achslastverteilung kann entweder das kurveninnere Vorderrad oder das kurveninnere Hinterrad früher betroffen sein. Das Verfahren zur Erkennung von drohenden Kippzuständen bei Fahrzeugen ermittelt daher diese Zustände vorzugsweise durch die Überwachung der Seitenkraftinformationen an den kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrädern über die direkten Reifen- oder Radkräfte selbst oder daraus abgeleiteten Signale.

Vorteilhaft werden daher die sich anbahnenden Kippsituationen sicher und frühzeitig mit Hilfe von Reifen- oder Radkraftinformationen erfaßt. Diese Kraftinformationen spiegeln den exakten Fahrzustand wider, so daß alle Parameter, wie Schwerpunkthöhe, Gewichtsverlagerung, Zustand der Federung, Straßenzustand etc. mit einbezogen sind.

Das Verfahren und die Vorrichtung nach der Erfindung bietet also den Vorteil, daß ein Eingriff zum Verhindern des Kippens um die Längsachse exakt dann nach einer kurzen Regeleintrittszeit aktiviert wird. Diese Zeit kann den Notwendigkeiten bzw. den Verhältnissen angepasst werden und kann z. B. 100 ms betragen. Ein Eingriff kann auch direkt ohne Eintrittszeit erfolgen. Das heißt, der fahrerunabhängige, kippstabilisierende Eingriff erfolgt direkt dann, wenn das Fahrzeug tatsächlich zu kippen droht (Querkraft = 0) also sofort oder bei einer vorgeschalteten Erkennung gemäß der Erfindung nach einer Regeleintrittszeit. Auf diese Weise wird einem Fahrzeug mit günstiger Schwerpunktlage und guter Federung generell eine höhere Fahrdynamik erlaubt als einem ungünstig beladenen oder in schlechtem Zustand befindlichen Fahrzeug.

Zweckmäßigerweise wird für die wenigstens eine Kenngröße mindestens ein zugehöriger Kippverhinderungs-Schwellwert ermittelt. Eine Fahrzeugkipptendenz liegt vor, wenn die Kenngröße den Kippverhinderungs-Schwellwert überschreitet, der in Abhängigkeit von weiteren Meßgrößen, die mit konventionellen Sensoren, wie Raddrehzahlsensoren, ermittelt wurden, und/oder die die momentane Fahrsituation wiedergeben (Kurvenfahrt, Geradeausfahrt, Reibwert), gebildet wird. Der variable Kippverhinderungs-Schwellenwert kann abhängig von dem Reibwert, der Querschleunigung, dem Kurvenradius u. dgl. individuell für jeden Fahrzustand jedem Fahrzeug zugeordnet werden, so dass eine rechtzeitige, situationsangepasste frühzeitige Erkennung der Kippgefahr möglich ist. Eine Kippgefahr gilt dann als er-

kannt, wenn die Differenz der Seitenkräfte zwischen dem kurvenäußeren und -inneren Rad einen Schwellwert überschreitet, der eine Funktion der Seitenkräfte, der Längskräfte und der Fahrzeuggeschwindigkeit oder der eine Funktion der Seitenkräfte und deren zeitlichen Ableitungen, der Längskräfte und der Fahrzeuggeschwindigkeit ist.

Dieser mindestens eine Kippverhinderungs-Schwellwert wird bei vorliegender Fahrzeugkipptendenz von der Kenngröße oder dem zeitlichen Gradient der Kenngröße punktuell oder über einen definierten Zeitraum, vorzugsweise von der Differenz der Seitenkräfte zwischen dem kurvenäußeren und -inneren Rad in aufeinander folgenden oder zeitlich dicht beieinander liegenden Regelungszyklen, überschritten. Die Kippgefahr wird folglich dann als erkannt angesehen, wenn mindestens einer der Kippverhinderungs-Schwellwerte über einen definierten Zeitraum, also von den Seitenkraftdifferenzen diverser aufeinander folgender oder zeitlich dicht beieinander liegender Regelungszyklen überschritten wird. Eine Kippgefahr gilt weiterhin dann als erkannt, wenn die Differenz der Seitenkräfte zwischen dem kurveninneren und -äußeren Rad einer beliebigen Achse oder beider Achsen den Kippverhinderungs-Schwellwert punktuell oder über einen längeren Zeitraum überschreitet. Ferner gilt eine Kippgefahr dann als erkannt, wenn der zeitliche Gradient der Differenz zwischen der Seitenkraft des kurvenäußeren und -inneren Rades einer Achse oder aller Achsen den Schwellwert überschreitet. Eine Kippgefahr gilt dann als erkannt, wenn die Seitenkraft eines kurveninneren Rades einen unteren Schwellwert unterschreitet, während die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades einen hohen Schwellwert überschreitet oder wenn die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades einen hohen Schwellwert überschreitet.

Die Bedingungen, daß die Seitenkraft eines kurveninneren Rades einen unteren Schwellwert unterschreitet, während die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades einen hohen Schwellwert überschreitet oder daß die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades einen hohen Schwellwert überschreitet, können punktuell oder auch über einen längeren Zeitraum betrachtet werden, wobei eine Kippgefahr dann als erkannt gilt, wenn die Bedingungen über einen längeren Zeitraum oder punktuell erfüllt sind. Diese Bedingungen müssen nach einer Ausführungsform punktuell oder über einen längeren Zeitraum nur an einer oder an beiden Achsen erfüllt sein. Dabei gilt eine Kippgefahr dann als erkannt, wenn die Seitenkraft eines kurveninneren Rades zunächst ein Maximum überschreitet und dann abnimmt, während die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades weiter zunimmt. Eine Kippgefahr gilt nach einer weiteren Ausführungsform dann als erkannt, wenn an beiden Achsen die Seitenkraft eines kurveninneren Rades zunächst ein Maximum überschreitet und dann abnimmt, während die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades weiter zunimmt.

Eine vorteilhafte Vorrichtung zum Bestimmen von Fahrzeugzustandsgrößen, bei der wenigstens eine, für die Fahrzeugkipptendenz um die Fahrzeuginnenachse indikative Größe gemessen und in einer Auswerteeinheit zum Ermitteln von Steuer- oder Regelgrößen für ein Kraftfahrzeug-Regelungssystem ausgewertet wird, weist Reifen- oder Radkraftsensoren auf, die die Größen erfassen, die die Reifen- oder Radseitenkräfte und/oder die Reifen- oder Radaufstandskräfte wiedergeben, und bei der die Auswerteeinheit mindestens eine Kenngröße(n) aus den laufend erfassten Meßgrößen an mindestens einem kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrad ermittelt, wobei die ermittelten direkten Reifen- oder Radkräfte selbst oder daraus abgeleitete und/oder unter Einbeziehung von Korrekturgrößen oder -werten gebildete Signale, wie gefilterte Größen, dem Regelungssystem als Steuer- oder Regelgrößen zugeführt werden. Die Kippzustände werden vorzugsweise durch die Überwachung der Seitenkraftinformationen an den kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrädern ermittelt, wobei bevorzugt die direkten Reifen- oder Radkräfte selbst oder daraus abgeleitete Signale, wie gefilterte Größen, verwendet werden.

Sensoren für die Querbewegung, die Gierrate oder den Lenkwinkel werden nicht benötigt.

Nach einer Ausführungsform der Erfindung ist eine Ermittlungseinheit vorgesehen, die für die wenigstens eine Kenngröße mindestens einen zugehörigen Kippverhinderungs-Schwellwert ermittelt, der in Abhängigkeit von weiteren Meßgrößen, die mit konventionellen Sensoren, wie Raddrehzahlsensoren, ermittelt wurden, und/oder die die momentane Fahrsituation wiedergeben (Kurvenfahrt, Geradeausfahrt, Reibwert), gebildet wird, und daß eine Vergleichseinheit vorgesehen ist, die die Kenngröße mit dem Kippverhinderungs-Schwellwert vergleicht, und das Vergleichsergebnis dem Kraftfahrzeug-Regelungssystem als Steuer- oder Regelgröße zur Verfügung stellt. Vorrichtung zur Erkennung von drohenden Kippzuständen bei Fahrzeugen.

Eine Kippgefahr gilt dann als erkannt, wenn die Differenz der Seitenkräfte zwischen dem kurvenäußeren und -inneren Rad einen Schwellwert überschreitet, der eine Funktion der Seitenkräfte, der Längskräfte und der Fahrzeuggeschwindigkeit ist. Ferner gilt eine Kippgefahr dann als erkannt, wenn die Differenz der Seitenkräfte zwischen dem kurvenäußeren und -inneren Rad einen Schwellwert überschreitet, der eine Funktion der Seitenkräfte und deren zeitlichen Ableitungen, der Längskräfte und der Fahrzeuggeschwindigkeit ist. Weiterhin gilt eine Kippgefahr dann als erkannt, wenn einer der Schwellwerte gemäß über einen definierten Zeitraum, also von den Seitenkraftdifferenzen diverser aufeinander folgender oder zeitlich dicht beieinander liegender Regelungszyklen überschritten wird. Nach einem weiteren Ausführungsbeispiel gilt eine Kippgefahr dann als erkannt, wenn die Differenz der Seitenkräfte zwischen dem kurveninneren und -äußeren Rad einer beliebigen Achse oder beider Achsen den mindestens einen Kippverhinderungs-Schwellwert punktuell oder über einen längeren Zeitraum überschreitet. Nach einem Ausführungsbeispiel gilt eine Kippgefahr auch dann als erkannt, wenn der zeitliche Gradient der Differenz zwischen der Seitenkraft des kurvenäußeren und -inneren Rades einer Achse oder aller Achsen den Kippverhinderungs-Schwellwert überschreitet. Ferner gilt eine Kippgefahr dann als erkannt, wenn der zeitliche Gradient der Differenz zwischen der Seitenkraft des kurvenäußeren und -inneren Rades einer Achse oder aller Achsen den Kippverhinderungs-Schwellwert punktuell oder über einen längeren Zeitraum überschreitet. Nach einem Ausführungsbeispiel ermittelt die Vorrichtung eine Kippgefahr, wenn die Seitenkraft eines kurveninneren Rades einen unteren Kippverhinderungs-Schwellwert unterschreitet, während die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades einen hohen Kippverhinderungs-Schwellwert überschreitet. Eine Kippgefahr gilt auch dann als erkannt, wenn die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades einen hohen Schwellwert überschreitet.

Nach einem Ausführungsbeispiel müssen die Bedingungen, daß die Seitenkraft eines kurveninneren Rades einen unteren Kippverhinderungs-Schwellwert unterschreitet, während die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades einen hohen Kippverhinderungs-Schwellwert überschreitet oder daß die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades einen hohen Schwellwert überschreitet, punktuell oder über einen längeren Zeitraum an einer oder an beiden Fahrzeugachsen erfüllt sein müssen.

Vorzugsweise gilt eine Kippgefahr dann als erkannt, wenn die Seitenkraft eines kurveninneren Rades zunächst ein Maximum überschreitet und dann abnimmt, während die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades weiter zunimmt. Nach einem Ausführungsbeispiel muß diese Bedingung an beiden Achsen erfüllt sein.

Die Kraftinformationen werden bevorzugt mit Hilfe von Reifenseitenwand-Torsionssensoren ermittelt.

- 5 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 die Verteilung der Kräfte an einer Fahrzeugachse bei einer Kurvenfahrt eines Kraftfahrzeugs.

Fig. 2 ein Diagramm über den Verlauf der Seitenkräfte an einem kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrad

Fig. 3 ein Blockschaltbild einer Vorrichtung

- 10 Die Vorrichtung 10 zum Bestimmen von Fahrzeugzustandsgrößen, bei der wenigstens eine, für die Fahrzeugkipptendenz um die Fahrzeuglängsachse indikative Größe gemessen und in einer Auswerteeinheit 11 zum Ermitteln von Steuer- oder Regelgrößen für ein Kraftfahrzeug-Regelungssystem 12 ausgewertet wird ist in Fig. 3 schematisch dargestellt. Sie weist Reifen- oder Radkraftsensoren 13, 14 auf, die die Größen erfassen, die die Reifen- oder Radseitenkräfte und/oder die Reifen- oder Radaufstandskräfte wiedergeben. In der Auswerteeinheit 11 wird mindestens eine Kenngröße(n) aus den  
15 laufend erfassten Meßgrößen (Reifen- oder Radkräfte) an mindestens einem kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrad ermittelt, wobei die ermittelten direkten Reifen- oder Radkräfte selbst oder daraus abgeleitete Größen, wie gefilterte Größen und/oder unter Einbeziehung von Korrekturgrößen oder -werten gebildete Signale dem Regelungssystem 12 als Steuer- oder Regelgrößen zugeführt werden. In einer Ermittlungseinheit 15 wird mindestens ein, für die wenigstens eine Kenngröße zugehöriger Kippverhinderungs-Schwellwert ermittelt, der in Abhängigkeit von weiteren Meßgrößen, die  
20 mit Sensoren, wie Raddrehzahlsensoren, ermittelt wurden, und/oder die die momentane Fahrsituation wiedergeben (Kurvenfahrt, Geradeausfahrt, Reibwert), gebildet. Eine Vergleichseinheit 16 vergleicht die Kenngröße mit dem Kippverhinderungs-Schwellwert und stellt das Vergleichsergebnis dem Kraftfahrzeug-Regelungssystem 12 als Steuer- oder Regelgröße zur Verfügung. Die Ermittlungseinheit 15 ermittelt den Kippverhinderungs-Schwellwert THR nach der Beziehung  $THR = f(F_{y,i}, F_{y,a}, F_{x,i}, F_{x,a}, v)$ , mit  $F_{y,i}, F_{y,a}$  = Seitenkräfte  $F_y$  am kurveninneren und kurvenäußeren Rad,  $F_{x,i}, F_{x,a}$  = Längskräfte  $F_x$  am kurveninneren und kurvenäußeren Rad und der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$  oder nach der Beziehung  
25  $THR = f(\dot{F}_{y,i}, \dot{F}_{y,a}, \dot{F}_{x,i}, \dot{F}_{x,a}, v)$ , mit  $\dot{F}_{y,i}, \dot{F}_{y,a}$  = Seitenkräfte  $\dot{F}_y$  am kurveninneren und kurvenäußeren Rad,  $\dot{F}_{x,i}, \dot{F}_{x,a}$  = zeitliche Ableitung Seitenkräfte  $\dot{F}_x$  am kurveninneren und kurvenäußeren Rad und der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$ .

- Die Vergleichseinheit 16 summiert die ermittelten Reifen- oder Radkräfte, insbesondere Seitenkräfte, an dem mindestens einen kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrad einer beliebigen Fahrzeugachse oder aller Fahrzeugachsen und bestimmt aus der Differenz der Seitenkräfte die Kenngröße(n). Die Vergleichseinheit 16 vergleicht mindestens einen der Kippverhinderungs-Schwellwerte mit der Kenngröße oder dem zeitlichen Gradient der Kenngröße punktuell oder über einen definierten Zeitraum, vorzugsweise von der Differenz der Seitenkräfte zwischen dem kurvenäußeren und -inneren Rad in aufeinander folgenden oder zeitlich dicht beieinander liegenden Regelungszyklen. Die Auswerteeinheit 11 gibt in  
35 Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis, wie beim Überschreiten des Kippverhinderungs-Schwellwertes, eine für die Fahrzeugkipptendenz indikative Steuer- oder Regelgröße für das Kraftfahrzeug-Regelungssystem aus.

Die für die Fahrzeugkipptendenz indikative Größe wird wie folgt ermittelt:

- Um das Kippverhalten des Fahrzeugs zu beurteilen, werden im wesentlichen die Seitenkräfte der Räder herangezogen. Fällt die Seitenkraft eines kurveninneren Rades unter einen niedrigen Schwellwert, während die Seitenkraft des achsgleichen kurvenäußeren Rades einen hohen Schwellwert überschreitet, so ist dies ein deutliches Indiz für eine stark reduzierte Aufstandskraft am inneren Rad, so daß eine Kippgefahr als gegeben angesehen werden kann.  
40 Dieser Sachverhalt wird gemäß Fig. 1 nachfolgend erläutert. Dargestellt ist eine beliebige Achse eines in Kurvenfahrt befindlichen Fahrzeugs. Auf dieser Achse lastet ein Gewichtsanteil, der identisch ist mit der Summe der Radaufstandskräfte:

45 
$$F_{z,i} + F_{z,a} = G_A \quad (1)$$

Der von den Rädern der Achse zu kompensierende Fliehkraftanteil ist identisch mit der Summe der Seitenkräfte:

50 
$$F_{y,i} + F_{y,a} = m_A \cdot a_y \quad (2)$$

Zwischen der Aufstandskraft und der Seitenkraft eines beliebigen Rades besteht der Zusammenhang

55 
$$F_y = \mu_{\text{eff}} \cdot F_z \quad (3)$$

Basierend auf dem oben beschriebenen Sachverhalt werden nun einige wirkungsvolle Verfahren beschrieben, um eine Fahrzeugkipptendenz bzw. -gefahr rechtzeitig zu erkennen, ohne dem Fahrzeug zu frühe Einschränkungen in der Fahrdynamik aufzuerlegen.

- 60 Eine Kippgefahr gilt dann als gegeben, wenn die Differenz der Seitenkräfte einer Achse einen Schwellwert überschreitet, der eine Funktion der Seitenkräfte selbst, der Längskräfte sowie der Fahrzeuggeschwindigkeit ist:

$$\Delta F_y > THR \quad (4)$$

mit

65 
$$THR = f(F_{y,i}, F_{y,a}, F_{x,i}, F_{x,a}, v) \quad (5)$$

$$\text{und } \Delta F_y = F_{y,a} - F_{y,i} \quad (6)$$

Dabei können die Kraftinformationen die direkten Reifen- bzw. Radkräfte oder weiterverarbeitete Signale sein, wie etwa mit unterschiedlichen Zeitkonstanten gefilterte Kraftsignale. Eine Verbesserung des Verfahrens besteht darin, den Schwellwert nicht nur von den Seitenkräften selbst sondern auch von den Gradienten der Seitenkräfte abhängig auszuführen:

$$THR = f(F_{y,i}, F_{y,a}, \dot{F}_{y,i}, \dot{F}_{y,a}, F_{x,i}, F_{x,a}, v) \quad (7)$$

Verschiedene Ausführungsbeispiele ergeben sich dadurch, die Kippgefahr dann als gegeben anzunehmen, wenn die Differenz der Seitenkräfte an einer beliebigen Achse oder an beiden Achsen den Schwellwert nach Gleichung (5) oder (7) überschreitet:

$$F_{y,a,v} - F_{y,i,v} > THR \text{ oder } F_{y,a,h} - F_{y,i,h} > THR \quad (8)$$

oder

$$F_{y,a,v} - F_{y,i,v} > THR \text{ und } F_{y,a,h} - F_{y,i,h} > THR \quad (9)$$

Eine weitere Verbesserung der Überwachung des Kippverhaltens kann dadurch erzielt werden, daß ein Eingriff nicht nur punktuell über eine harte Schwellenüberschreitung eingeleitet wird, sondern daß eine Beobachtung der Kraftrelationen gemäß Gleichungen (4) bis (9) über einen gewissen Zeitraum erfolgt und damit eine zeitliche Kette ermittelter Kraftwerte zur Auswertung kommt:

$$\Delta F_{y,i} = F_{y,a[i]} - F_{y,i[i]}$$

$$\Delta F_{y,i+1} = F_{y,a[i+1]} - F_{y,i[i+1]}$$

$$\Delta F_{y,i+2} = F_{y,a[i+2]} - F_{y,i[i+2]}$$

$$\Delta F_{y,i+j} = F_{y,a[i+j]} - F_{y,i[i+j]} \quad (10)$$

für  $i$  = beliebiger Regelungszyklus,  $i+1$  = nachfolgender Regelungszyklus etc.

Eine Kippgefahr gilt dann als erkannt, wenn die Werte  $\Delta F_{y,i}$  die Bedingungen aus Gleichung (4) bzw. (8) oder (9) über einen definierten Zeitraum erfüllen.

Ein weiteres wichtiges Kriterium zur Erkennung der Kippgefahr bildet der zeitliche Gradient der Seitenkraftdifferenz einer oder aller Achsen, da der Gradient die Dynamik des Aushebevorgangs repräsentiert:

$$\frac{d\Delta F}{dt} > THR \quad (11)$$

wobei der Schwellwert THR wieder gemäß Gleichung (5) oder (7) gebildet werden kann.

Weitere Kriterium zur Erkennung der Kippgefahr sind die Unterschreitung eines kleinen Schwellwerts durch die kurveninnere Seitenkraft bei gleichzeitiger Überschreitung eines hohen Schwellwerts durch die kurvenäußere Seitenkraft oder das alleinige Überschreiten eines hohen Schwellwerts durch die kurvenäußere Seitenkraft:

$$F_{y,i} < THR_{low} \text{ und } F_{y,a} > THR_{high} \quad (12)$$

oder nur

$$F_{y,a} > THR_{high} \quad (13)$$

Eine weitere, sehr sichere Methode, um ein gefährliches Ausheben der kurveninneren Räder zu erkennen, besteht darin, einen charakteristischen Verlauf der Seitenkräfte einer Achse über der Zeit zu beobachten. Dieser Verlauf ist prinzipiell in Fig. 2 dargestellt. Dabei erhöhen sich zunächst beide Seitenkräfte einer Achse aufgrund einer zunehmenden Querdynamik. Die kurveninnere Seitenkraft erreicht bei einer bestimmten Querbewegung ein Maximum und reduziert sich danach kontinuierlich, während sich die kurvenäußere Seitenkraft weiterhin erhöht.

Dieser Sachverhalt läßt sich folgendermaßen physikalisch erklären:

Zunächst nimmt die Aufstandskraft des kurveninneren Rades gemäß Fig. 1 mit wachsender Querbewegung ab:

$$F_{z,i} = \frac{m_A}{c} (g * c / 2 - a_y * h) \quad (14)$$

Zwischen der Aufstandskraft und der Querkraft des Rades besteht vereinfacht und unter der Annahme, daß ein ausreichender Reibwert vorliegt, der Zusammenhang

$$F_{y,i} = F_{z,i} \cdot a_y / g \quad (15)$$

Aus den Gleichungen (14) und (15) ergibt sich

$$F_{y,i} = \frac{a_y \cdot m_A}{g \cdot c} \cdot (g \cdot c / 2 - a_y \cdot h) \quad (16)$$

5      Gegensätzlich verhält sich die Seitenkraft am kurvenäußeren Rad:

$$F_{y,a} = G_A \cdot a_y / g - F_{y,i} \quad (17)$$

10      Diese Gleichungen für das kurveninnere und das kurvenäußere Rad weisen die in Fig. 2 dargestellte Charakteristik auf.

Vorgeschlagen zur Erkennung der Situation wird ein Verfahren oder eine Vorrichtung zur Überprüfung der typischen Charakteristik der beiden Seitenkräfte einer Achse gemäß obiger Gleichung und Fig. 2.

Bei Überschreitung des Seitenkraftmaximums am inneren Rad, anschließender Abnahme der Seitenkraft des inneren Rades und weiterer Zunahme der Seitenkraft des äußeren Rades gilt eine Kippgefahr als erkannt.

15      Die verwendeten Signale und Parameter haben folgende Bedeutung:

- $F_x$  beliebige Längskraft
- $F_y$  beliebige Seitenkraft
- $F_{y,i}$  kurveninnere Seitenkraft
- $F_{y,a}$  kurvenäußere Seitenkraft
- 20  $F_{y,i,v}$  kurveninnere Seitenkraft vorne
- $F_{y,i,h}$  kurveninnere Seitenkraft hinten
- $F_{y,a,v}$  kurvenäußere Seitenkraft vorne
- $F_{y,a,h}$  kurvenäußere Seitenkraft hinten
- $\dot{F}_{y,i}$  zeitliche Ableitung der kurveninneren Seitenkraft
- 25  $\dot{F}_{y,a}$  zeitliche Ableitung der kurvenäußeren Seitenkraft
- $F_{z,i}$  kurveninnere Aufstandskraft
- $F_{z,a}$  kurvenäußere Aufstandskraft
- $G_A$  achsbezogene Gewichtskraft des Fahrzeugs
- $m_A$  achsbezogene Masse des Fahrzeugs
- 30  $a_y$  Querbeschleunigung des Fahrzeugs
- $c$  Spurweite des Fahrzeugs
- $h$  Schwerpunkthöhe des Fahrzeugs
- $g$  Erdbeschleunigung

#### 35      Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen von Fahrzeugzustandsgrößen, bei dem wenigstens eine, für die Fahrzeugkipptendenz um die Fahrzeuglängsachse indikative Größe gemessen und zum Ermitteln von Steuer- oder Regelgrößen eines Kraftfahrzeug-Regelungssystems ausgewertet wird **dadurch gekennzeichnet**, daß auf Basis der Meßgröße, die mit Hilfe von Reifen- oder Radkraftsensoren ermittelt wurde und die die Reifen- oder Radseitenkräfte und/oder die Reifen- oder Radaufstandskräfte wiedergibt, mindestens eine für die Fahrzeugkipptendenz indikative Kenngröße(n) durch laufendes Erfassen dieser Meßgröße an mindestens einem kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrad ermittelt wird und die ermittelten direkten Reifen- oder Radkräfte selbst oder daraus abgeleitete Größen, wie gefilterte Größen und/oder unter Einbeziehung von Korrekturgrößen oder -werten gebildete Signale als Steuer- oder Regelgrößen verwendet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß für die wenigstens eine Kenngröße mindestens ein zugehöriger Kippverhinderungs-Schwellwert ermittelt wird und eine Fahrzeugkipptendenz vorliegt, wenn die Kenngröße den Kippverhinderungs-Schwellwert überschreitet, der in Abhängigkeit von weiteren Meßgrößen, die mit konventionellen Sensoren, wie Raddrehzahlsensoren, ermittelt wurden, und/oder die die momentane Fahrsituation wiedergeben (Kurvenfahrt, Geradeausfahrt, Reibwert), gebildet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kippverhinderungs-Schwellwert in Abhängigkeit von den Seitenkräften, den Längskräften und der Fahrzeuggeschwindigkeit gebildet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kippverhinderungs-Schwellwert in Abhängigkeit von den Seitenkräften und deren zeitlichen Ableitungen, den Längskräften und der Fahrzeuggeschwindigkeit gebildet wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die ermittelten Reifen- oder Radkräfte, insbesondere Seitenkräfte, an dem mindestens einen kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrad einer beliebigen Fahrzeugachse oder aller Fahrzeugachsen miteinander verglichen werden und die Differenz der Seitenkräfte als Kenngröße(n) verwendet wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der Kippverhinderungs-Schwellwerte von der Kenngröße oder dem zeitlichen Gradient der Kenngröße punktuell oder über einen definierten Zeitraum, vorzugsweise von der Differenz der Seitenkräfte zwischen dem kurvenäußeren und -inneren Rad in aufeinander folgenden oder zeitlich dicht beieinander liegenden Regelungszyklen, bei vorliegender Fahrzeugkipptendenz überschritten wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, daß mindestens ein unterer Kippverhinderungs-Schwellwert von der Seitenkraft des kurveninneren Rades und/oder mindestens ein oberer Kippverhinderungs-Schwellwert von der Seitenkraft des kurvenäußeren Rades bei vorliegender Fahrzeugkipptendenz punktuell oder über einen längeren Zeitraum an einer beliebigen Fahrzeugachse oder an allen Fahrzeugachsen überschritten wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlauf der Kenngröße erfasst und ausgewertet wird und wenn die Seitenkraft eines kurveninneren Rades zunächst ein Maximum überschreitet und dann abnimmt, während die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades weiter zunimmt auf das Vorliegen einer Fahrzeugkipptendenz geschlossen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Verlauf der Kenngrößen an mindestens zwei Fahrzeugachsen erfasst und ausgewertet wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Reifenkräfte mit Hilfe von Reifenseitenwand-Torsionssensoren ermittelt werden.
11. Vorrichtung zum Bestimmen von Fahrzeugzustandsgrößen, bei dem wenigstens eine, für die Fahrzeugkipptendenz um die Fahrzeuglängsachse indikative Größe gemessen und in einer Auswerteeinheit zum Ermitteln von Steuer- oder Regelgrößen für ein Kraftfahrzeug-Regelungssystem ausgewertet wird, dadurch gekennzeichnet, daß Reifen- oder Radkraftsensoren vorgesehen sind, die die Größen erfassen, die die Reifen- oder Radseitenkräfte und/oder die Reifen- oder Radaufstandskräfte wiedergeben und die Auswerteeinheit mindestens eine Kenngröße(n) aus den laufend erfassten Meßgrößen an mindestens einem kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrad ermittelt, wobei die ermittelten direkten Reifen- oder Radkräfte selbst oder daraus abgeleitete und/oder unter Einbeziehung von Korrekturgrößen oder -werten gebildete Signale, wie gefilterte Größen, dem Regelungssystem als Steuer- oder Regelgrößen zugeführt werden.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ermittlungseinheit vorgesehen ist, die für die wenigstens eine Kenngröße mindestens einen zugehörigen Kippverhinderungs-Schwellwert ermittelt, der in Abhängigkeit von weiteren Meßgrößen, die mit konventionellen Sensoren, wie Raddrehzahlsensoren, ermittelt wurden, und/oder die die momentane Fahrsituation wiedergeben (Kurvenfahrt, Geradeausfahrt, Reibwert), gebildet wird, und daß eine Vergleichseinheit vorgesehen ist, die die Kenngröße mit dem Kippverhinderungs-Schwellwert vergleicht, und das Vergleichsergebnis dem Kraftfahrzeug-Regelungssystem als Steuer- oder Regelgröße zur Verfügung stellt.
13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlungseinheit den Kippverhinderungs-Schwellwert THR nach der Beziehung  $THR = f(F_{y,i}, F_{y,a}, F_{x,i}, F_{x,a}, v)$  bildet, mit  $F_{y,i}, F_{y,a}$  = Seitenkräfte  $F_y$  am kurveninneren und kurvenäußeren Rad,  $F_{x,i}, F_{x,a}$  = Längskräfte  $F_x$  am kurveninneren und kurvenäußeren Rad und der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$ .
14. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlungseinheit den Kippverhinderungs-Schwellwert THR nach der Beziehung  $THR = f(F_{y,i}, F_{y,a}, \dot{F}_{y,i}, \dot{F}_{y,a}, F_{x,i}, F_{x,a}, v)$  bildet, mit  $F_{y,i}, F_{y,a}$  = Seitenkräfte  $F_y$  am kurveninneren und kurvenäußeren Rad,  $\dot{F}_{y,i}, \dot{F}_{y,a}$  = zeitliche Ableitung Seitenkräfte  $F_y$  am kurveninneren und kurvenäußeren Rad,  $F_{x,i}, F_{x,a}$  = Längskräfte  $F_x$  am kurveninneren und kurvenäußeren Rad und der Fahrzeuggeschwindigkeit  $v$ .
15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichseinheit die ermittelten Reifen- oder Radkräfte, insbesondere Seitenkräfte, an dem mindestens einen kurveninneren und -äußeren Fahrzeugrad einer beliebigen Fahrzeugachse oder aller Fahrzeugachsen summiert und aus der Differenz der Seitenkräfte die Kenngröße(n) bildet.
16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Vergleichseinheit mindestens einen der Kippverhinderungs-Schwellwerte mit der Kenngröße oder dem zeitlichen Gradient der Kenngröße punktuell oder über einen definierten Zeitraum, vorzugsweise von der Differenz der Seitenkräfte zwischen dem kurvenäußeren und -inneren Rad in aufeinander folgenden oder zeitlich dicht beieinander liegenden Regelungszyklen, vergleicht und die Auswerteeinheit in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis, wie beim Überschreiten des Kippverhinderungs-Schwellwertes, eine für die Fahrzeugkipptendenz indikative Steuer- oder Regelgröße für das Kraftfahrzeug-Regelungssystem ausgibt.
17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Ermittlungseinheit mindestens einen unteren Kippverhinderungs-Schwellwert von der Seitenkraft des kurveninneren Rades und/oder mindestens einen oberen Kippverhinderungs-Schwellwert von der Seitenkraft des kurvenäußeren Rades bildet, und wenn in der Vergleichseinheit mindestens einer der Kippverhinderungs-Schwellwerte punktuell oder über einen längeren Zeitraum an einer beliebigen Fahrzeugachse oder an allen Fahrzeugachsen von der wenigstens einen Kenngröße überschritten wird, die Auswerteeinheit eine für die Fahrzeugkipptendenz indikative Steuer- oder Regelgröße für das Kraftfahrzeug-Regelungssystem ausgibt.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit den Verlauf der Kenngröße erfasst und auswertet und wenn die Seitenkraft eines kurveninneren Rades zunächst ein Maximum überschreitet und dann abnimmt, während die Seitenkraft des kurvenäußeren Rades weiter zunimmt, eine für die Fahrzeugkipptendenz indikative Steuer- oder Regelgröße für das Kraftfahrzeug-Regelungssystem ausgibt.
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit den Verlauf der Kenngrößen an mindestens zwei Fahrzeugachsen erfasst und auswertet.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß Reifenseitenwand-Torsionssensoren vorgesehen sind, die die Reifenkräfte ermitteln.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

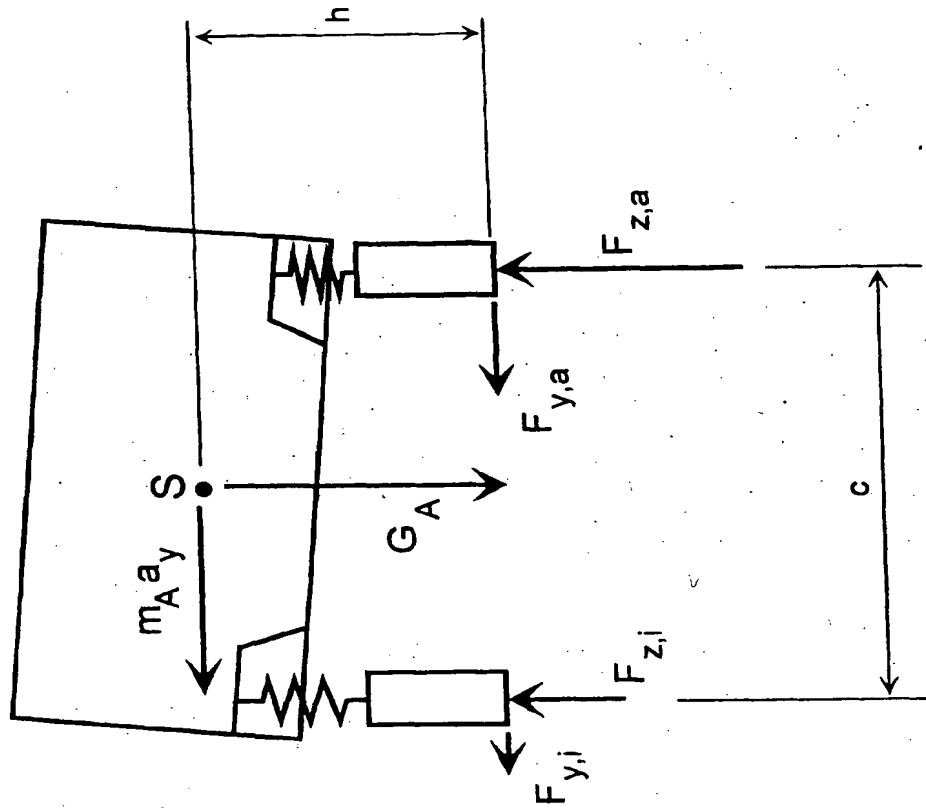


Fig. 1



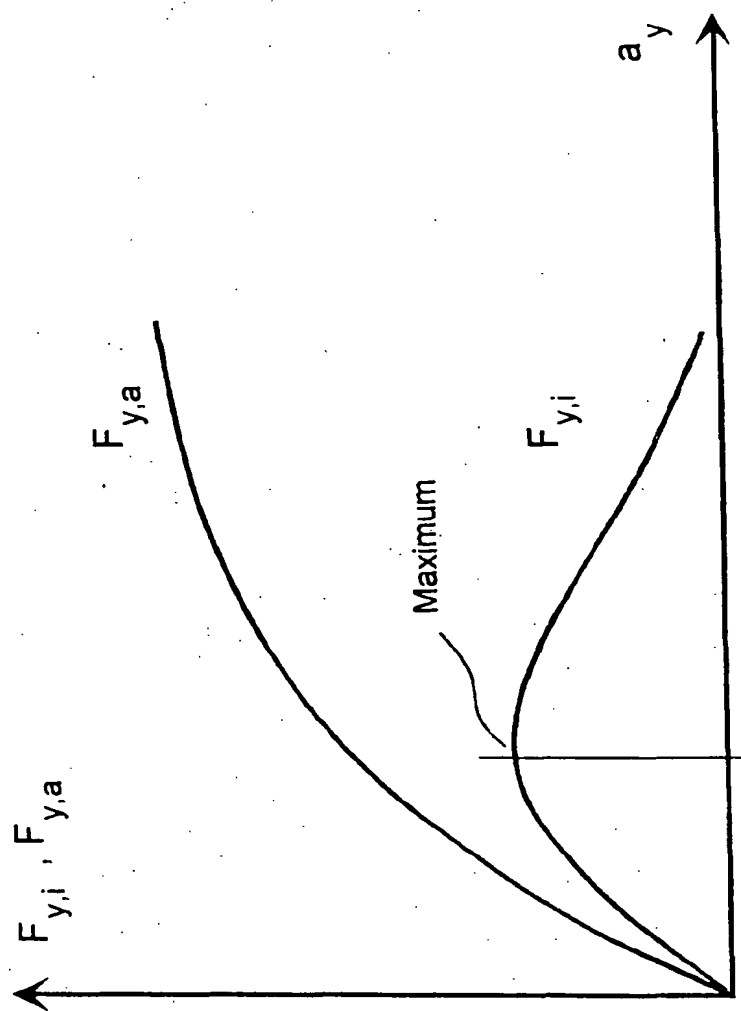
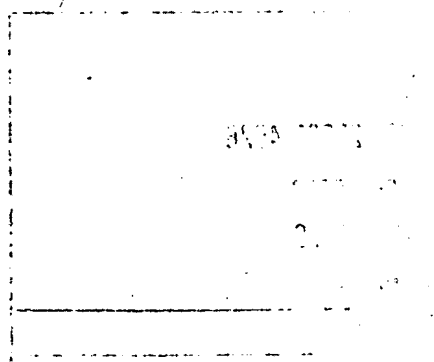


Fig. 2



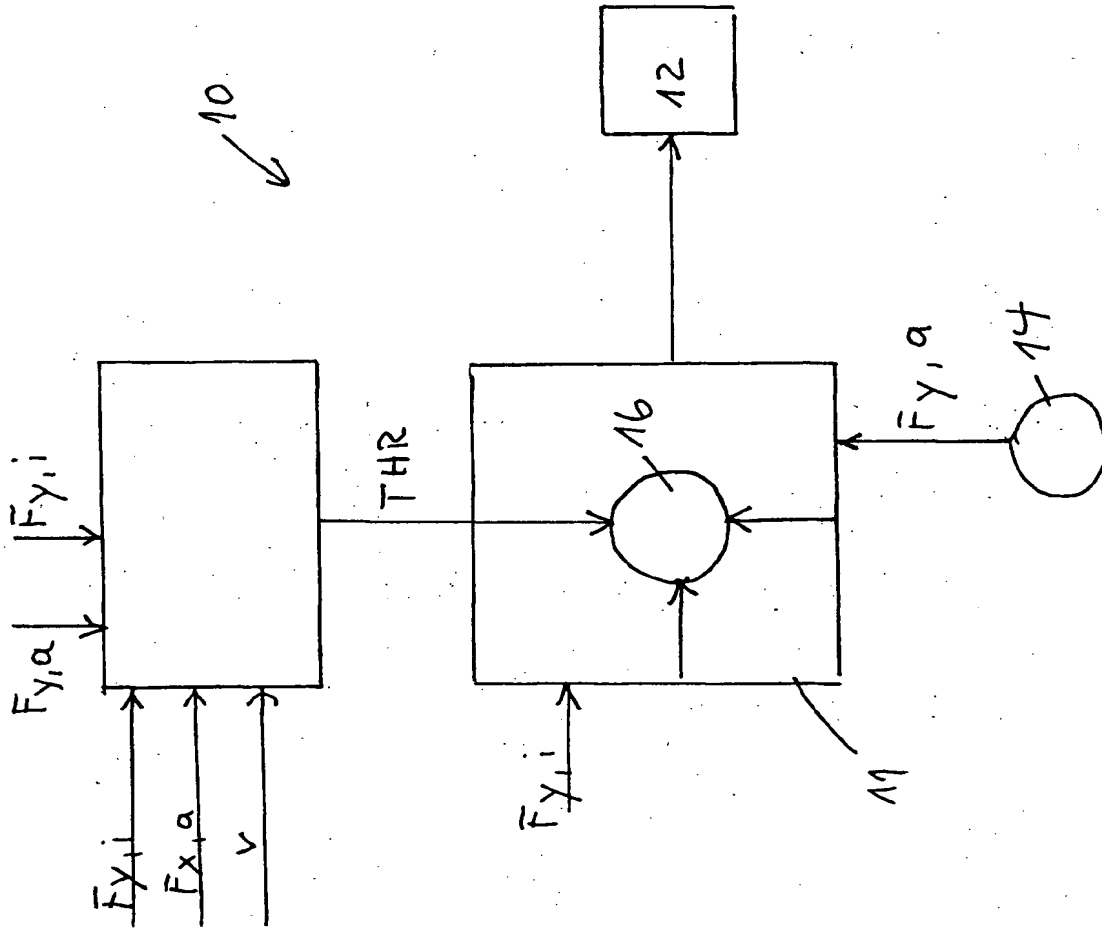


Fig. 3

Walter Ottesen  
Patent Attorney  
P.O. Box 4026  
Gaithersburg, MD 20885-4026  
Telephone: 301-869-8950  
Telefax: 301-869-8929  
Attorney Docket No. 203-034  
Application Serial No. \_\_\_\_\_